

Модель нечеткого регулятора для управления движением мобильного робота

Артем Николаевич Виноградов

Алексей Игоревич Терентьев

Олег Владимирович Петров

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники». 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1. vinogr-artem@yandex.ru

Аннотация – Построена модель управления движением мобильного робота на основе нечеткой логики. Выбраны входные и выходные переменные, предложены функции принадлежности. Проведено сравнение функционирования классического и нечеткого регуляторов.

Ключевые слова – нечеткая логика, алгоритм Мамдани, мобильный робот, LabView

Model of fuzzy controller for controlling the movement of a mobile robot

Artem Nikolaevich Vinogradov

Alexey Igorevich Terentev

Oleg Vladimirovich Petrov

National Research University of Electronic Technology (MIET). 124498, Moscow, Zelenograd, Shokin Square, Building 1. vinogr-artem@yandex.ru

Abstract – A model of motion control of a mobile robot based on fuzzy logic was constructed. Input and output variables was selected, membership functions was proposed. A comparison with a model built on the basis of a classical regulator was made.

Keywords – fuzzy logic, Mamdani algorithm, mobile robot, LabView

Одной из проблем управления мобильными роботами является выбор траектории движения. Это объясняется необходимостью продолжать выполнение задач, поставленных роботизированному объекту даже в условиях автономности. Одной из таких задач является движение к заданной точке (стационарной или подвижной).

В данной работе применяется подход к решению этой задачи путем использования инструментов нечеткой логики. Нечеткая логика позволяет осуществлять гибкое управление, не затрачивая больших вычислительных мощностей, что важно для автономного робота.

Модель управления мобильным роботом построена в среде графического программирования LabView, которая имеет встроенные методы работы с нечеткими алгоритмами и позволяет осуществлять связь между компьютером и необходимыми датчиками для проведения полунатурного моделирования.

Объектом управления в данной работе является роботизированное шасси, управляемое при помощи электродвигателей и приводов, которые объединены в единую управляющую систему исполнительных механизмов и вычислительного устройства.

Обязательной частью мобильного робота являются датчики. В данной работе будет учитываться работа навигационной системы, отвечающей за ориентацию робота в пространстве. Предполагается, что робот должен быть оснащен глобальной навигационной системой (GPS/ГЛОНАСС) с погрешностью в районе 3-5 метров. В модели учитывается эта ошибка.

Задача управления движением заключается в перемещении из точки А в точку В. Координаты робота определяются в декартовой системе координат, выбираемой из соображений удобства при дальнейшем отображении траектории (например, относительно географических координат). Под углом ориентации робота понимается разница между вектором движения робота и осью абсцисс в выбранной системе координат.

Управляющие воздействия на исполнительные механизмы робота определяются в результате работы нечеткого алгоритма [1]. Положение робота описывается восемью секторами (термами) — сзади-слева, слева, спереди-слева, спереди, спереди-справа, справа, сзади-справа, размеры которых примем как 30 градусов для секторов «спереди» и «сзади», 60 градусов для секторов «слева» и «справа» и 75 градусов для остальных. (рисунок 1). Суть нечеткого управления заключается в операциях с нечеткими переменными, описывающими состояние робота естественным языком.

Форма функций принадлежности не оказывает серьезного влияния на результат управления, что продемонстрировано в работе [2]. Таким образом, можно использовать распространенный вариант треугольных и трапецидальных функций принадлежности (рисунок 2).

Предлагается использовать следующие нечеткие переменные:

1. Входные переменные:

1.1. Переменная 1: β_1 — ошибка угловой ориентации робота, определяемая как разница между текущим углом ориентации робота и требуемым в конечной точке.

1.2. Переменная 2: β_2 — сектор. Если принять систему координат такую, что положение мобильного робота является началом координат, тогда направление, в котором находится точка назначения (сзади-слева, слева, спереди-слева, спереди, спереди-справа, справа, сзади-справа), и будет данной нечеткой переменной. Выбор сектора проиллюстрирован на рисунке 1.

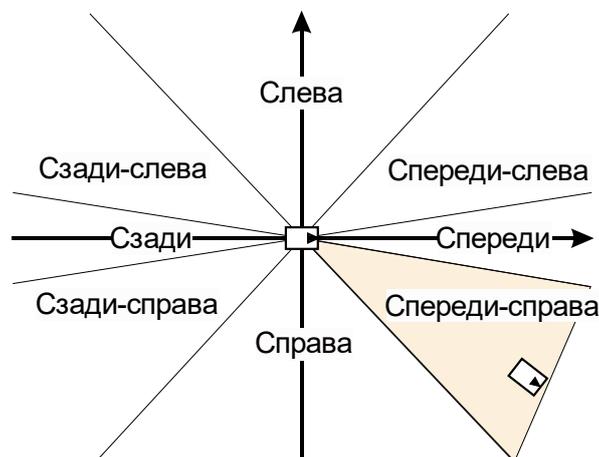


Рисунок 1 — Иллюстрация определения второй входной нечеткой переменной β_2 (сектор).

2. Выходные переменные:

2.1. Переменная 1: w_1 — желаемая угловая скорость (быстро налево, налево, плавно налево, прямо, быстро направо, направо, плавно направо).

2.2. Переменная 2: w_2 — желаемая линейная скорость (полный назад, назад, малый назад, стоп, малый вперед, вперед, полный вперед).

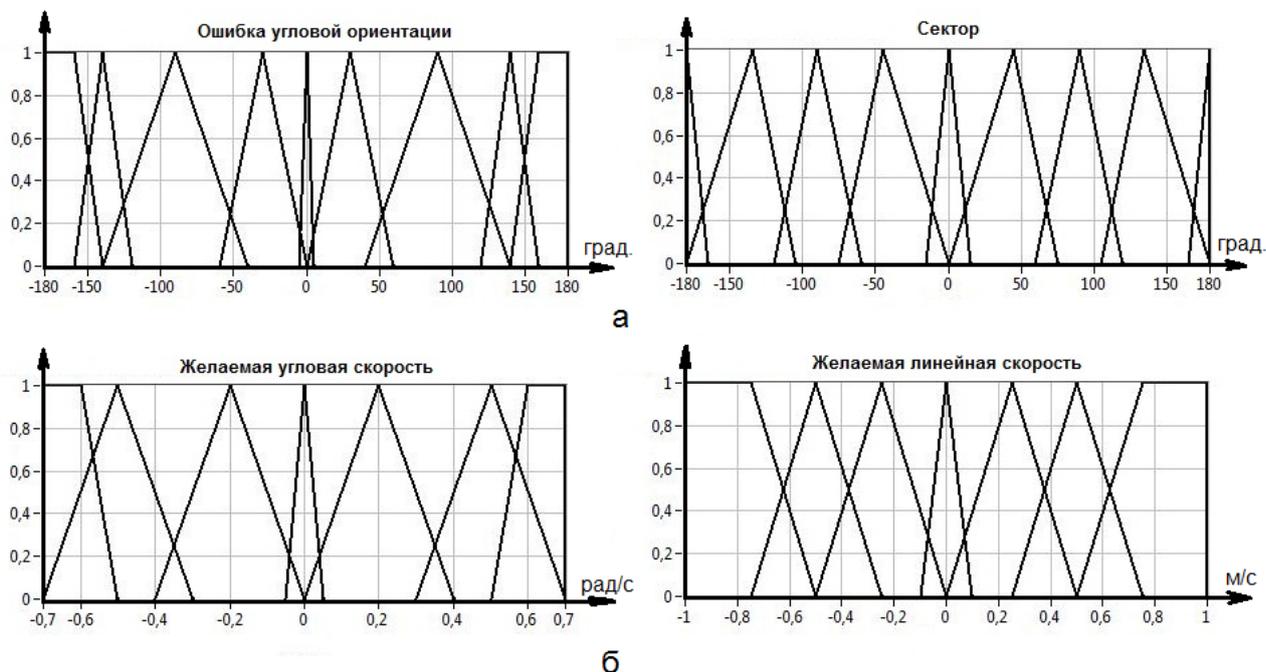


Рисунок 2 — Функции принадлежности выбранных нечетких переменных (а — входные переменные, б — выходные переменные)

Формирование базы правил нечеткой системы заключается в формировании ряда высказываний вида:

ЕСЛИ « β_1 есть a_i » И « β_2 есть b_j » ТО « w_1 есть c_p » И « w_2 есть d_q »,

где a и b — термы входных переменных, c и d — термы выходных переменных, i, j, p и q — индексы соответствующих термов.

База правил должна охватывать взаимные отношения всех терм всех входных переменных и описывать реакцию системы на те или иные условия.

Для решаемой задачи база правил составила 81 правило, некоторые из которых приведены ниже:

1 ЕСЛИ «Ошибка угловой ориентации есть «сильно отрицательная» И «Сектор есть «сзади» ТО «Желаемая угловая скорость есть «быстро направо» И «Желаемая линейная скорость есть «назад»

2 ЕСЛИ «Ошибка угловой ориентации есть «близкая к нулю» И «Сектор есть «спереди-справа» ТО «Желаемая угловая скорость есть «направо» И «Желаемая линейная скорость есть «вперед»

3 ЕСЛИ «Ошибка угловой ориентации есть «положительная» И «Сектор есть «сзади-справа» ТО «Желаемая угловая скорость есть «быстро направо» И «Желаемая линейная скорость есть «вперед»

Для получения четких значений выходных переменных могут быть использованы различные алгоритмы (Мамдани, Ларсена, Такаги-Сугено, Цукамото), но в нашем случае будет использован алгоритм Мамдани [3].

Для апробации устройства управления была построена компьютерная модель в среде LabView. Рассмотрим результаты моделирования экспериментов перемещения от точки к точке. Работа нечеткого регулятора сравнивалась с моделью из работы [4]. Моделирование показывает (рисунок 2), что робот, управляемый обеими моделями, достигает заданной точки. Можно увидеть, что вторая модель движется по криволинейной траектории, что усложняет управление и стабилизацию, а также приводит к более быстрому износу исполнительных механизмов. Нечеткая модель придерживается движения по прямым отрезкам на большей части пути, что является ее преимуществом.

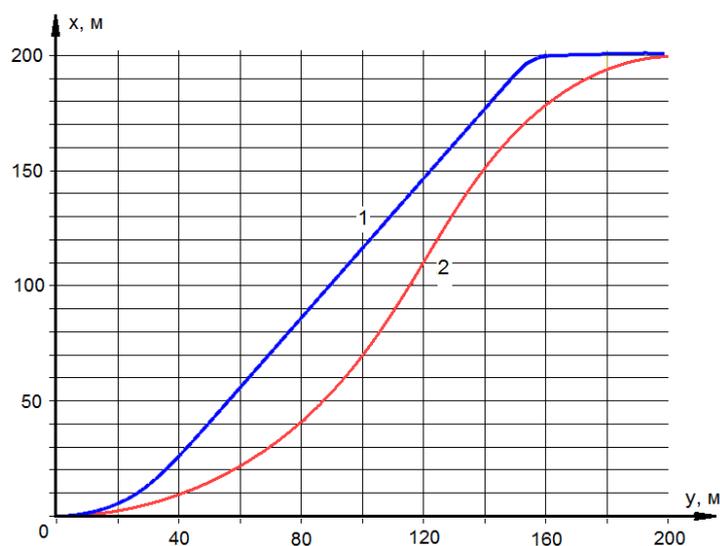


Рисунок 3 — Моделирование перемещения робота из точки (0; 0) с ориентацией (а — 0 градусов; б — -135 градусов) в точку (200; 200) с ориентацией 0 градусов. 1 — модель на основе нечеткой логики. 2 — модель из работы [4].

Авторы считают, что в данной работе новой является модель нечеткого регулятора на основе нечетких переменных «ошибка угловой ориентации» и «сектор», с помощью которой получены результаты сравнения функционирования классического регулятора и регулятора построенного с применением нечеткой логики. Разработка модели и проведение компьютерных экспериментов проводилось в среде графического программирования LabView. Полученные результаты подтвердили адекватность используемой модели и разработанного набора правил работы нечеткого регулятора.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, проект №8.8952.2017/8.9.

Список литературы

1. Цюй Дунъюэ Разработка метода планирования траектории перемещения мобильного автономного робота в трехмерной среде на основе аппарата нечеткой логики // Инженерный вестник Дона, №4, 2015.
2. В. Г. Чернов Модификация алгоритмов управления, использующих правила нечеткого условного вывода // Информационно-управляющие системы, №3, 2013, с 23-29.
3. Т. М. Леденёва, В. В. Кашко О различных реализациях механизма нечеткого логического вывода // Актуальные проблемы прикладной информатики, информатики и механики : сборник трудов Международной научно-технической конференции, Воронеж, 2016, с. 391
4. A. Vinogradov, A. Terentev, V. Petrov and O. Petrov, "Development of mathematical model of moving wheeled robot using visual programming platform Labview," 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIcon Rus), St. Petersburg, 2017, pp. 1056-1059.